

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-273759

(43)Date of publication of application : 05.10.2001

(51)Int.Cl. G11C 11/15  
G11C 11/14  
H01L 43/08

(21)Application number : 2000-087389

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 27.03.2000

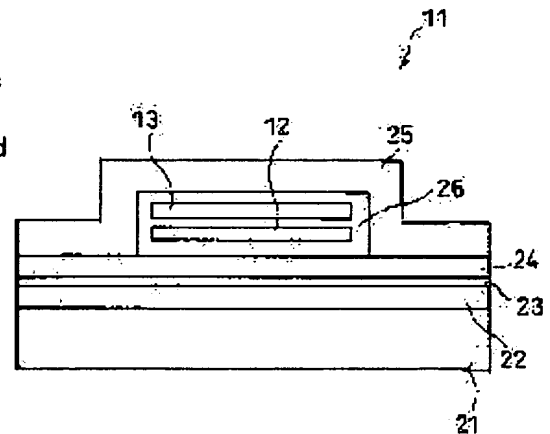
(72)Inventor : NAMIKATA RYOJI  
MICHIJIMA MASASHI  
HAYASHI HIDEKAZU

## (54) MAGNETIC MEMORY CELL AND MAGNETIC MEMORY DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetic memory cell which is formed by introducing a closed magnetic path structure into a ferromagnetic layer which is a memory layer and a magnetic memory device which retains cell density without degradation by using the magnetic memory cell.

**SOLUTION:** The magnetic memory cell 11 has an antiferromagnetic layer 21, a ferromagnetic layer 22 which is disposed on the antiferromagnetic layer 21, exhibits intra-surface magnetization and makes exchange bonding with the antiferromagnetic layer 21, an insulating layer 23 which is disposed on the ferromagnetic layer 22, a ferromagnetic layer 24 which is disposed on the insulating layer 23 and exhibits the intra-surface magnetization and a closed magnetic path layer 25 which is disposed on the ferromagnetic layer 24 and forms a closed magnetic path together with the ferromagnetic layer 24. The magnetic memory device is embodied by arranging such magnetic memory cells 11 to a grid form or zigzag form.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The magnetic memory cell equipped with the 1st a little more than magnetic layer by which the sense of magnetization was substantially fixed to field inboard, the insulating layer prepared on the above-mentioned 1st a little more than magnetic layer, the 2nd a little more than magnetic layer which is prepared on the above-mentioned insulating layer and shows the magnetization within a field, and the closed magnetic circuit layer which is prepared on the above-mentioned 2nd a little more than magnetic layer, and forms a closed magnetic circuit with this 2nd a little more than magnetic layer.

[Claim 2] the center which is the space which the above-mentioned closed magnetic circuit layer was prepared on the above-mentioned 2nd a little more than magnetic layer so that it might estrange in the center section, and was made by alienation -- alienation -- the magnetic memory cell according to claim 1 characterized by being prepared so that the bit line and word line with which the section was insulated mutually may penetrate.

[Claim 3] The magnetic memory cell according to claim 2 characterized by preparing the metal layer further between the above-mentioned closed magnetic circuit layer and the above-mentioned 2nd a little more than magnetic layer.

[Claim 4] the center of each of two or more magnetic memory cells allotted to the train with each same word line while having arranged two or more magnetic memory cells according to claim 2 in the shape of an abbreviation grid -- alienation -- the center of each of two or more magnetic memory cells allotted to the line with each same bit line while wiring in the shape of a straight line so that the section might be penetrated -- alienation -- the magnetic memory apparatus characterized by a line writing direction bending and wiring so that the section may be penetrated.

[Claim 5] the center of each of two or more magnetic memory cells allotted to the line with each same word line while having arranged two or more magnetic memory cells according to claim 2 in the shape of an abbreviation grid -- alienation -- the center of each of two or more magnetic memory cells allotted to the train with each same bit line while wiring in the shape of a straight line so that the section might be penetrated -- alienation -- the magnetic memory apparatus characterized by bending and wiring in the direction of a train so that the section may be penetrated.

[Claim 6] While arranging alternately two or more magnetic memory cells according to claim 3 in an adjacent train or an adjacent line, each word line the center of each of the magnetic memory cell which was installed stair-like and allotted in this installation direction -- alienation -- each bit line, while wiring so that the section may be penetrated the center of each of the magnetic memory cell which was installed in the above-mentioned installation direction of each above-mentioned word line, and the direction which intersects perpendicularly stair-like, and was allotted in this installation direction -- alienation -- the magnetic memory apparatus characterized by wiring so that the section may be penetrated.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the magnetic memory cell which can reduce the effect of an anti-field by the magnetic pole of the both ends of a ferromagnetic layer, and the magnetic memory apparatus which has arranged two or more magnetic memory cells, without reducing a cell consistency.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, since a big output is obtained compared with a conventional anisotropy magneto-resistive effect (AMR) component and a conventional giant magneto-resistance (GMR) component, the magnetic tunnel junction (MTJ) component is considered in the application to the reproducing head for HDD, or magnetic memory.

[0003] It is useful that there is no danger that the content of record will disappear even if information is not being lost and the count of a repeat being infinity times even if it being the solid-state memory which does not have the operation section as well as semiconductor memory, and a power source are intercepted, and a radiation carry out incidence, in magnetic memory especially etc. as compared with semiconductor memory.

[0004] The example of a configuration of the conventional MTJ component 62 is shown in drawing 5. Such a MTJ component 62 of a configuration is shown in JP,9-106514,A.

[0005] The above-mentioned conventional MTJ component 62 carries out the laminating of the antiferromagnetism layer 51, the ferromagnetic layer 52, an insulating layer 53, and the ferromagnetic layer 54, as shown in drawing 5. Each magnetization of the ferromagnetic layer 52 and the ferromagnetic layer 54 is in a film surface, and it has effectual uniaxial magnetic anisotropy so that it may become parallel or anti-parallel. And it is substantially fixed to an one direction by switched connection with the antiferromagnetism layer 51, and magnetization of the ferromagnetic layer 52 holds record in the direction of magnetization of the ferromagnetic layer 54.

[0006] As an antiferromagnetism layer 51, alloys, such as FeMn, NiMn, MnPt, and MnIr, are used and Fe, Co, nickel, or these alloys are used as the ferromagnetic layer 52 and a ferromagnetic layer 54. Moreover, as an insulating layer 53, although various kinds of oxides and nitrides are examined, it is aluminum 2O3. It is known that the highest magnetic-reluctance (MR) ratio will be obtained in the case of the film. Moreover, in addition to this, the proposal of the MTJ component using the coercive force difference of the ferromagnetic layer 52 and the ferromagnetic layer 54 is also made with the configuration except the antiferromagnetism layer 51.

[0007] The schematic diagram at the time of using the MTJ component 62 of the structure of drawing 5 for the magnetic memory in which random access is possible is shown in drawing 6. The transistor 61 has the role which reads and sometimes chooses the MTJ component 62. "0" or "1" information is recorded by the sense of magnetization of the ferromagnetic layer 54 of the MTJ component 62 shown in drawing 5, and the sense of magnetization of the ferromagnetic layer 52 is being fixed. And when magnetization of the ferromagnetic layer 52 and the ferromagnetic layer 54 is parallel, resistance is low, and when it is anti-parallel, information is read using the magneto-resistive effect that resistance becomes high. Writing is realized by reversing the sense of magnetization of the ferromagnetic layer 54 by the synthetic field which a bit line 63 and a word line 64 form.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, with the MTJ component 62 of the above-mentioned configuration, since magnetization of the ferromagnetic layer 52 and the ferromagnetic layer 54 is field inboard, a magnetic pole is generated in both ends. Although it is necessary to make the MTJ component 62 detailed to

attain densification of magnetic memory, the effect of an anti-field by the magnetic pole of both ends becomes large with detailed-izing of a component. Thereby, the cel consistency of a magnetic memory cell will fall. [0009] Since switched connection is carried out to the antiferromagnetism layer 51 about the ferromagnetic layer 52, there is little above-mentioned effect of an anti-field, and it can make zero substantially the magnetic pole generated at the edge by constituting the ferromagnetic layer 52 from two ferromagnetic layers which carry out antiferromagnetism association as indicated by for example, the U.S. Pat. No. 5841692 number official report.

[0010] On the other hand, since the same technique cannot be used about the ferromagnetic layer 54 used as a memory layer, magnetization will become instability under the effect of an edge magnetic pole as a pattern makes it detailed, and maintenance of record will be difficult.

[0011] Then, it is possible by making the ferromagnetic layer 54 used as a memory layer into closed magnetic circuit structure to reduce the effect of an edge magnetic pole. Although the configuration which passes a bit line and a word line both along the inside of this closed magnetic circuit, then the effectiveness which can reverse magnetization of the ferromagnetic layer 54 efficiently at the time of writing are acquired at this time, it becomes difficult for a bit line and a word line to take an easy orthogonal array as shown in drawing 6. In addition, in drawing 6, a reference mark 65 shows a plate line.

[0012] The example of closed magnetic circuit structure is indicated by JP,10-302456,A etc. According to this, in the magnetic memory thin film memory device, the laminating of the 1st and 2nd magnetic layers which have the magnetization direction in the one direction in a film surface is carried out through the non-magnetic layer, and the 3rd magnetic layer is prepared in the side face of the 1st and 2nd magnetic layers, and it is arranged so that the 1st thru/or the 3rd magnetic layer may surround a non-magnetic layer as a whole. The external magnetic fields of magnetization of the 1st magnetic layer and magnetization of the 2nd magnetic layer are anti-parallel in the state of preservation of zero, and a closed magnetic circuit is formed through the 3rd magnetic layer.

[0013] According to the above-mentioned magnetic memory thin film memory device, in order that the magnetic film in connection with record may form a closed magnetic circuit at the time of preservation, the adverse effect by the anti-field can be avoided and it becomes possible to make small the cell size which is 1 bit. So, magnetic-thin-film memory with a high degree of integration is realizable.

[0014] however, with the conventional technique of a publication, to JP,10-302456,A Since it is the configuration of preparing the 3rd magnetic layer (closed magnetic circuit layer) in the side face of two ferromagnetic layers (the 1st and 2nd magnetic layers) Complicated processing [ become / make width of face of an insulating layer (non-magnetic layer) narrower than the 1st and 2nd magnetic layers for the 3rd magnetic layer, or / the same flat surface as each end face of the 1st and 2nd magnetic layers ] in which it is as processing the ends side and die length of the 3rd magnetic layer \*\*\*\* is needed. That is, with this conventional technique, since the above complicated processings are required, the magnetic memory cell excellent in productivity is unrealizable. And about the magnetic memory apparatus which arranges a magnetic memory cell the optimal, neither disclosure nor a suggestion is in JP,10-302456,A, without reducing a cel consistency.

[0015] Then, this invention is made in view of the above-mentioned trouble, and the object is in offering the magnetic memory apparatus to which a cel consistency does not fall using the magnetic memory cell which introduced closed magnetic circuit structure into the ferromagnetic layer used as a memory layer, and this magnetic memory cell.

[0016]

[Means for Solving the Problem] The 1st a little more than magnetic layer by which the sense of magnetization was substantially fixed to field inboard in order that the magnetic memory cell concerning this invention might solve the above-mentioned technical problem, It has the insulating layer prepared on the above-mentioned 1st a little more than magnetic layer, the 2nd a little more than magnetic layer which is prepared on the above-mentioned insulating layer and shows the magnetization within a field, and the closed magnetic circuit layer which is prepared on the above-mentioned 2nd a little more than magnetic layer, and forms a closed magnetic circuit with this 2nd a little more than magnetic layer.

[0017] According to the above-mentioned invention, it is not the configuration of preparing the 3rd magnetic layer (closed magnetic circuit layer) in the side face of two ferromagnetic layers (the 1st and 2nd magnetic layers) like the conventional technique given in JP,10-302456,A. Since it is the configuration that a closed magnetic circuit layer is prepared on the 2nd ferromagnetism, the dimension of the cross direction of a magnetic

memory cell does not increase. And complicated processing [ become / make width of face of an insulating layer (non-magnetic layer) narrower than the 1st and 2nd magnetic layers for the 3rd magnetic layer, or / the same flat surface as each end face of the 1st and 2nd magnetic layers ] in which it is as processing the ends side and die length of the 3rd magnetic layer \*\*\*\* becomes unnecessary.

[0018] That is, according to the above-mentioned invention, since complicated processing like before is unnecessary while being able to make small area (1-bit cell size) which a magnetic memory cell occupies with the easy configuration of preparing a closed magnetic circuit layer on the 2nd ferromagnetism, the magnetic memory cell excellent in productivity is realizable.

[0019] In this magnetic memory cell, a magnetic tunnel junction component is formed of the 1st a little more than magnetic layer, an insulating layer, and the 2nd a little more than magnetic layer. According to change of the magnitude of an external magnetic field, the spin of the 1st and the 2nd a little more than magnetic layer changes to anti-parallel and parallel, and a magnetic tunnel junction component shows the phenomenon in which tunnel conductance changes, with this change. Storage is realizable if this phenomenon is used.

[0020] Since the sense of magnetization is being substantially fixed to field inboard, the clear switching of the anti-parallel of spin and parallel of the 1st a little more than magnetic layer is attained. That is, since the spin of the 1st a little more than magnetic layer is being fixed and the spin of the 2nd a little more than magnetic layer can be moved according to an external magnetic field, parallel of spin and anti-parallel can be performed clearly. While "0" or "1" information is recorded by the sense of magnetization of the 2nd a little more than magnetic layer, the sense of magnetization of the 1st a little more than magnetic layer is being fixed by the above-mentioned switching. And when magnetization of the 1st and the 2nd a little more than magnetic layer is parallel, resistance is low, and when it is anti-parallel, reading appearance of the information is carried out using the magneto-resistive effect that resistance becomes high.

[0021] Since the above-mentioned closed magnetic circuit layer forms a closed magnetic circuit with the 2nd a little more than magnetic layer, it can make zero substantially the magnetic pole generated to the both ends of the 2nd a little more than magnetic layer. Thereby, generating of an anti-field which originates in this magnetic pole and is produced can be reduced certainly. Thus, since the effect of an anti-field by the magnetic pole of the both ends of the 2nd a little more than magnetic layer is avoidable, magnetization of the 2nd a little more than magnetic layer is stabilized, and, thereby, -izing of the magnetic memory cell can be carried out [ detailed ]. And since the 2nd a little more than magnetic layer forms the closed magnetic circuit with the closed magnetic circuit layer, stabilization can be attained to an external leakage field.

[0022] the center which is the space which the above-mentioned closed magnetic circuit layer was prepared on the above-mentioned 2nd a little more than magnetic layer so that it might estrange in the center section, and was made by alienation -- alienation -- it is desirable to be prepared so that the bit line and word line with which the section was insulated mutually may penetrate.

[0023] In this case, since the both sides of a bit line and a word line become a configuration passing through the inside of a closed magnetic circuit, magnetization of the 2nd a little more than magnetic layer can be efficiently reversed at the time of writing.

[0024] the center of each of two or more magnetic memory cells allotted to the train (or the same line) with each same word line while having arranged two or more above-mentioned magnetic memory cells in the shape of an abbreviation grid -- alienation -- the center of each of two or more magnetic memory cells allotted to the line (or the same train) with each same bit line while wiring in the shape of a straight line so that the section might be penetrated -- alienation -- it is desirable that a line writing direction (or the direction of a train) bends and wires so that the section may be penetrated.

[0025] In this case, since the magnetic memory cell by which the effect of an anti-field by the magnetic pole of the both ends of the 1st and the 2nd a little more than magnetic layer was reduced is used, two or more magnetic memory cells can be arranged in a high cel consistency in the shape of an abbreviation grid. If width of face of wiring is set to F by wiring each word line and each bit line as mentioned above, respectively, while the minimum period of a word line will be set to 2F (or 4F), the minimum period of a bit line is set to 4F (or 2F).

[0026] According to this magnetic memory apparatus, "0" or "1" information is recorded by the sense of magnetization of the 2nd a little more than magnetic layer. At this time, the sense of magnetization of the 1st a little more than magnetic layer is being fixed. And when magnetization of the 1st and the 2nd a little more than magnetic layer is parallel, resistance is low, and when it is anti-parallel, reading appearance of the information

is carried out using the magneto-resistive effect that resistance becomes high. Informational writing is realized by reversing the sense of magnetization of the 2nd a little more than magnetic layer by the synthetic field in which the flowing current forms a bit line and a word line.

[0027] As mentioned above, since the effect of an anti-field by the magnetic pole of each both ends of the 1st and the 2nd a little more than magnetic layer of a magnetic memory cell can be reduced certainly, while being able to hold the magnetization condition stabilized even if the arrangement pattern of a magnetic memory cell was made detailed according to the above-mentioned magnetic memory apparatus, it becomes possible to realize the magnetic memory apparatus which has a higher degree of integration. Moreover, since the 2nd a little more than magnetic layer used as a memory layer forms the closed magnetic circuit with the closed magnetic circuit layer, while becoming stability to an external leakage field, it is also possible to reduce the power consumption of the magnetic memory apparatus which used many such magnetic memory cells.

[0028] It may replace with the above-mentioned magnetic memory cell, and that by which the metal layer is further prepared between the above-mentioned closed magnetic circuit layer and the above-mentioned 2nd a little more than magnetic layer may be used. In this case, since structure where the interface of the 2nd a little more than magnetic layer / closed magnetic circuit layer does not exist is realized, it becomes possible to raise the yield of a magnetic memory cell.

[0029] While using two or more such magnetic memory cells and arranging alternately these two or more magnetic memory cells in an adjacent train or an adjacent line, each word line the center of each of the magnetic memory cell which was installed stair-like and allotted in this installation direction -- alienation -- each bit line, while wiring so that the section may be penetrated the center of each of the magnetic memory cell which was installed in the above-mentioned installation direction of each above-mentioned word line, and the direction which intersects perpendicularly stair-like, and was allotted in this installation direction -- alienation -- the magnetic memory apparatus wired so that the section might be penetrated may be constituted.

[0030] In this case, since the magnetic memory cell by which the effect of an anti-field by the magnetic pole of the both ends of the 1st and the 2nd a little more than magnetic layer was reduced is used, two or more magnetic memory cells can be arranged in a high cell consistency in the shape of an abbreviation grid. If width of face of wiring is set to  $F$  by wiring each word line and each bit line as mentioned above, respectively, both a bit line and a word line will have the minimum period of abbreviation  $2F$ , and the further high integration of them will be attained from the above-mentioned magnetic memory apparatus.

[0031] According to this magnetic memory apparatus, "0" or "1" information is recorded by the sense of magnetization of the 2nd a little more than magnetic layer. At this time, the sense of magnetization of the 1st a little more than magnetic layer is being fixed. And when magnetization of the 1st and the 2nd a little more than magnetic layer is parallel, resistance is low, and when it is anti-parallel, reading appearance of the information is carried out using the magneto-resistive effect that resistance becomes high. Informational writing is realized by reversing the sense of magnetization of the 2nd a little more than magnetic layer by the synthetic field in which the flowing current forms a bit line and a word line.

[0032] As mentioned above, since the effect of an anti-field by the magnetic pole of each both ends of the 1st and the 2nd a little more than magnetic layer of a magnetic memory cell can be reduced certainly, while being able to hold the magnetization condition stabilized even if the arrangement pattern of a magnetic memory cell was made detailed according to the above-mentioned magnetic memory apparatus, it becomes possible to realize the magnetic memory apparatus which has a higher degree of integration. Moreover, since the 2nd a little more than magnetic layer used as a memory layer forms the closed magnetic circuit with the closed magnetic circuit layer, the 2nd a little more than magnetic layer can also reduce the power consumption of the magnetic memory apparatus which used many such magnetic memory cells while serving as stability to an external leakage field.

[0033]

[Embodiment of the Invention] It will be as follows if one gestalt of operation of this invention is explained based on drawing 1 R> 1 and drawing 2 .

[0034] The magnetic memory apparatus concerning the gestalt of this operation consists of two or more magnetic memory cells 11, as shown in drawing 2 R> 2. Each magnetic memory cell 11 has cross-section structure as shown in drawing 1 , and the closed magnetic circuit layer 25 is formed on the MTJ component which consists of the antiferromagnetism layer 21, the ferromagnetic layer 22, an insulating layer 23, and a

ferromagnetic layer 24.

[0035] The above-mentioned ferromagnetic layer 22 and the above-mentioned ferromagnetic layer 24 show the magnetization within a field (the sense of magnetization is field inboard). Each magnetization of the ferromagnetic layer 22 and the ferromagnetic layer 24 is in a film surface, and it has effectual uniaxial magnetic anisotropy so that it may become parallel or anti-parallel. And it is substantially fixed to an one direction by switched connection with the antiferromagnetism layer 21, and magnetization of the ferromagnetic layer 22 holds record in the direction of magnetization of the ferromagnetic layer 24.

[0036] As an antiferromagnetism layer 21, alloys, such as FeMn, NiMn, MnPt, and MnIr, are used and Fe, Co, nickel, or these alloys are used as the ferromagnetic layer 22 and a ferromagnetic layer 24. Moreover, as an insulating layer 23, although various kinds of oxides and nitrides are examined, it is aluminum 2O3. In the case of the film, the highest magnetic-reluctance (MR) ratio is obtained.

[0037] In the MTJ component of the above-mentioned configuration, since it is constituted so that the antiferromagnetism layer 21 and the ferromagnetic layer 22 may carry out switched connection, the effect of the magnetic pole generated to the both ends of the ferromagnetic layer 22 can be reduced. Moreover, since the closed magnetic circuit layer 25 is formed on the MTJ component of the above-mentioned configuration, the above-mentioned ferromagnetic layer 24 used as a memory layer will form a closed magnetic circuit with the above-mentioned closed magnetic circuit layer 25. Since the magnetic pole generated to the both ends of the ferromagnetic layer 24 can be substantially made into zero by this, the effect of this magnetic pole can be reduced.

[0038] According to change of the magnitude of an external magnetic field, the spin of two ferromagnetic layers 22 and 24 changes to anti-parallel and parallel, and the above-mentioned magnetic memory cell 11 shows the phenomenon in which tunnel conductance changes, with this change. Storage is realizable if this phenomenon is used. That is, if the ferromagnetic layer 22 uses the phenomenon in which the spin of the ferromagnetic layer 22 is fixed by the exchange field, by junction in the antiferromagnetism layer 21, the clear switching of the anti-parallel of spin and parallel of it will be attained.

[0039] If the spin of the above-mentioned ferromagnetic layer 22 is fixed, since the spin of the ferromagnetic layer 24 can be moved according to an external magnetic field, parallel of spin and anti-parallel can be performed clearly. While "0" or "1" information is recorded by the sense of magnetization of the ferromagnetic layer 24, the sense of magnetization of the ferromagnetic layer 22 is fixed by the above-mentioned switching. And when magnetization of the ferromagnetic layers 22 and 24 is parallel, resistance is low, and when it is anti-parallel, reading appearance of the information is carried out using the magneto-resistive effect that resistance becomes high.

[0040] the above-mentioned closed magnetic circuit layer 25 is formed by junction on the above-mentioned ferromagnetic layer 24 so that it may estrange in the center section (the space hereafter produced as a result of being estranged in the center section in this way -- a center -- alienation -- the section is called.). the center of the closed magnetic circuit layer 25 -- alienation -- a bit line 12 (let the above-mentioned reference mark 12a-12b be one bit line 12.) and a word line 13 (let the above-mentioned reference mark 13a-13b be one word line 13.) penetrate to the space perpendicular direction of drawing 1 through the section. Since the both sides of a bit line 12 and a word line 13 become a configuration passing through the inside of the closed magnetic circuit formed of the ferromagnetic layer 24 and the closed magnetic circuit layer 25 by this, magnetization of the ferromagnetic layer 24 can be efficiently reversed at the time of writing. in addition, the center of the above -- alienation -- the insulating layer 26 is formed in the section so that a bit line 12 and a word line 13 may be insulated electrically mutually.

[0041] Although it is necessary to make a MTJ component detailed to attain densification of a magnetic memory apparatus, the effect of an anti-field by the magnetic pole of the both ends of a ferromagnetic layer becomes large with detailed-izing of a MTJ component (magnetization of the ferromagnetic layer 24 becomes instability.). Thereby, the cel consistency of a magnetic memory cell was falling conventionally.

[0042] However, according to the magnetic memory apparatus concerning the gestalt of this operation, the anti-field by the magnetic pole of each both ends of the ferromagnetic layer 22 and the ferromagnetic layer 24 can be certainly reduced by constituting each magnetic memory cell 11 as mentioned above. Especially, since magnetization of the ferromagnetic layer 24 becomes stability, if two or more magnetic memory cells 11 which have the above-mentioned configuration are arranged appropriately, lowering of a cel consistency is certainly

avoidable [ with the reduction of an anti-field by the magnetic pole of the both ends of the ferromagnetic layer 24 ].

[0043] Here, it explains, referring to drawing 2 about the ability of two or more magnetic memory cells 11 which have the above-mentioned configuration to be arranged without reducing a cell consistency, if it carries out what. In addition, for simplification of drawing, a selection transistor omits drawing 2 and it is drawn.

[0044] According to the magnetic memory apparatus concerning the gestalt of this operation, as shown in drawing 2 , two or more magnetic memory cells 11 which have the above-mentioned configuration shown in drawing 1 are arranged in the shape of an abbreviation grid. In addition, in drawing 2 , the condition of having been arranged is drawn so that the antiferromagnetism layer 21 may turn [ the magnetic memory cell 11 of drawing 1 ] up and the closed magnetic circuit layer 25 may turn down.

[0045] the center of each of two or more magnetic memory cells 11 allotted to the same train as each word line 13 was shown in drawing 2 -- alienation -- it wires in the shape of a straight line in the vertical direction (namely, lengthwise direction) of a drawing so that the section may be penetrated. the center of each of two or more magnetic memory cells 11 allotted to the same line on the other hand as each bit line 12 was shown in drawing 2 -- alienation -- the longitudinal direction (namely, longitudinal direction) of a drawing bends and wires so that the section may be penetrated.

[0046] Since each word line 13 is formed in the vertical direction (namely, lengthwise direction) in the shape of a straight line, the same wiring as the conventional thing shown in drawing 5 is possible for it. magnetic memory cell 11 comrades allotted to the line with the longitudinal direction (namely, longitudinal direction) same [ a bit line 12 ] which are the above-mentioned word line 13 and the direction of a right angle on the other hand -- the center of each -- alienation -- since it is necessary to wire through the section, the longitudinal direction bends and wires by the upper and lower sides (upper and lower sides on the space of drawing 2 ) of each magnetic memory cell 11. Therefore, if width of face of wiring is set to F, while the minimum period of a word line 13 will be set to 2F, the minimum period of a bit line 12 is set to 4F.

[0047] When the magnetic memory cell 11 of the structure of drawing 1 is wired like drawing 2 and the magnetic memory apparatus in which random access is possible is constituted, "0" or "1" information is recorded by the sense of magnetization of the ferromagnetic layer 24. The sense of magnetization of the ferromagnetic layer 22 is being fixed at this time. And when magnetization of the ferromagnetic layer 22 and the ferromagnetic layer 24 is parallel, resistance is low, and when it is anti-parallel, reading appearance of the information is carried out using the magneto-resistive effect that resistance becomes high. Informational writing is realized by reversing the sense of magnetization of the ferromagnetic layer 24 by the synthetic field which a bit line 12 and a word line 13 form.

[0048] As mentioned above, since the effect of an anti-field by the magnetic pole of each both ends of the ferromagnetic layers 22 and 24 of the magnetic memory cell 11 can be reduced certainly, while being able to hold the magnetization condition stabilized even if the arrangement pattern of the magnetic memory cell 11 was made detailed according to the magnetic memory apparatus of the gestalt of this operation, it becomes possible to realize the magnetic memory apparatus which has a higher degree of integration. Moreover, since the ferromagnetic layer 24 used as a memory layer forms the closed magnetic circuit with the closed magnetic circuit layer 25, the ferromagnetic layer 24 can also reduce the power consumption of the magnetic memory apparatus which used a majority of such magnetic memory cells 11 while serving as stability to an external leakage field.

[0049] The above-mentioned magnetic memory apparatus is not limited to arrangement of the magnetic memory cell 11 shown in drawing 2 , and it should just bend and arrange another side while it arranges either the bit line which penetrates the closed magnetic circuit of this magnetic memory cell while the magnetic layer which holds storage at least arranges the magnetic memory cell which has closed magnetic circuit structure in the shape of an abbreviation grid, or a word line in the shape of a straight line. therefore, the center of each of two or more magnetic memory cells 11 where each bit line 12 was allotted to the same train -- alienation -- so that the section may be penetrated the center of each of two or more magnetic memory cells 11 where each load line 13 was allotted to the same line while wiring in the shape of a straight line in the vertical direction (namely, lengthwise direction) of a drawing -- alienation -- arrangement which is bent and wired by the longitudinal direction (namely, longitudinal direction) of a drawing is sufficient so that the section may be penetrated.

[0050] It explains referring to drawing 3 and drawing 4 about other magnetic memory apparatus which start the



gestalt of this operation here.

[0051] The magnetic memory apparatus concerning the gestalt of other operations of this invention is shown in drawing 4. This magnetic memory apparatus consists of two or more magnetic memory cells 31, as shown in drawing 4. Each magnetic memory cell 31 has cross-section structure as shown in drawing 3, and the closed magnetic circuit layer 45 is formed through the thin metal layer 47 on the MTJ component which consists of the antiferromagnetism layer 41, the ferromagnetic layer 42, an insulating layer 43, and a ferromagnetic layer 44.

[0052] The above-mentioned ferromagnetic layer 42 and the above-mentioned ferromagnetic layer 44 show the magnetization within a field (the sense of magnetization is field inboard). The above-mentioned ferromagnetic layer 42 and the above-mentioned ferromagnetic layer 44 show the magnetization within a field (the sense of magnetization is field inboard). Each magnetization of the ferromagnetic layer 42 and the ferromagnetic layer 44 is in a film surface, and it has effectual uniaxial magnetic anisotropy so that it may become parallel or anti-parallel. And it is substantially fixed to an one direction by switched connection with the antiferromagnetism layer 41, and magnetization of the ferromagnetic layer 42 holds record in the direction of magnetization of the ferromagnetic layer 44.

[0053] As an antiferromagnetism layer 41, alloys, such as FeMn, NiMn, MnPt, and MnIr, are used and Fe, Co, nickel, or these alloys are used as the ferromagnetic layer 42 and a ferromagnetic layer 44. Moreover, as an insulating layer 43, although various kinds of oxides and nitrides are examined, it is aluminum 2O3. In the case of the film, the highest magnetic-reluctance (MR) ratio is obtained.

[0054] In the MTJ component of the above-mentioned configuration, since it is constituted so that the antiferromagnetism layer 41 and the ferromagnetic layer 42 may carry out switched connection, the effect of the magnetic pole generated to the both ends of the ferromagnetic layer 42 can be reduced.

[0055] The ferromagnetic layer 44 and the closed magnetic circuit layer 45 are carrying out diamagnetism association through the metal layer 47 at both ends. By this, the above-mentioned ferromagnetic layer 44 used as a memory layer will form a closed magnetic circuit with the above-mentioned closed magnetic circuit layer 45 through the metal layer 47. So, since the magnetic pole generated to the both ends of the ferromagnetic layer 44 can be substantially made into zero, the effect of this magnetic pole can be reduced. And since structure where the interface of the 44/closed magnetic circuit layer 45 of ferromagnetic layers does not exist as mentioned above since the metal layer 47 is formed between the ferromagnetic layer 44 and the closed magnetic circuit layer 45 is realized, it becomes possible to raise the yield of the magnetic memory cell 31.

[0056] According to change of the magnitude of an external magnetic field, the spin of two ferromagnetic layers 42 and 44 changes to anti-parallel and parallel, and the above-mentioned magnetic memory cell 31 shows the phenomenon in which tunnel conductance changes, with this change. Storage is realizable if this phenomenon is used. That is, if the ferromagnetic layer 42 uses the phenomenon in which the spin of the ferromagnetic layer 42 is fixed by the exchange field, by junction in the antiferromagnetism layer 41, the clear switching of the anti-parallel of spin and parallel of it will be attained. If the spin of the ferromagnetic layer 42 is fixed, since the spin of the ferromagnetic layer 44 can be moved according to an external magnetic field, parallel of spin and anti-parallel can be performed clearly. While "0" or "1" information is recorded by the sense of magnetization of the ferromagnetic layer 44, the sense of magnetization of the ferromagnetic layer 42 is being fixed by the above-mentioned switching. And when magnetization of the ferromagnetic layers 42 and 44 is parallel, resistance is low, and when it is anti-parallel, reading appearance of the information is carried out using the magneto-resistive effect that resistance becomes high.

[0057] the above-mentioned closed magnetic circuit layer 45 is formed through the metal layer 47 on the above-mentioned ferromagnetic layer 44 so that it may estrange in the center section (the space hereafter produced as a result of being estranged in the center section in this way -- a center -- alienation -- the section is called.). the center of the closed magnetic circuit layer 45 -- alienation -- a bit line 32 (let the above-mentioned reference mark 32a-32b be one bit line 32.) and a word line 33 (let the above-mentioned reference mark 33a-33b be one word line 33.) penetrate to the space perpendicular direction of drawing 3 through the section.

[0058] Since the both sides of a bit line 32 and a word line 33 become a configuration passing through the inside of the closed magnetic circuit formed of the ferromagnetic layer 44 and the closed magnetic circuit layer 45 by this, magnetization of the ferromagnetic layer 44 can be efficiently reversed at the time of writing. in addition, the center of the above -- alienation -- the insulating layer 46 is formed in the section so that a bit line 32 and a word line 33 may be insulated electrically mutually.

[0059] Although it is necessary to make a MTJ component detailed to attain densification of a magnetic memory apparatus, the effect of an anti-field by the magnetic pole of the both ends of a ferromagnetic layer becomes large with detailed-izing of a MTJ component (magnetization of the ferromagnetic layer 44 becomes instability.). Thereby, the cel consistency of a magnetic memory cell was falling conventionally.

[0060] However, according to the magnetic memory apparatus concerning the gestalt of this operation, the anti-field by the magnetic pole of each both ends of the ferromagnetic layer 42 and the ferromagnetic layer 44 can be certainly reduced by constituting each magnetic memory cell 31 as mentioned above. Especially, since magnetization of the ferromagnetic layer 44 becomes stability, if two or more magnetic memory cells 31 which have the above-mentioned configuration are arranged appropriately, lowering of a cel consistency is certainly avoidable [ with the reduction of an anti-field by the magnetic pole of the both ends of the ferromagnetic layer 44 / magnetization of the ferromagnetic layer 44 becomes stability, and ].

[0061] Here, it explains, referring to drawing 4 about the ability of two or more magnetic memory cells 31 which have the above-mentioned configuration to be arranged without reducing a cel consistency, if it carries out what. In addition, for simplification of drawing, a selection transistor omits drawing 4 and it is drawn.

[0062] two or more magnetic memory cells 31 which according to the magnetic memory apparatus concerning the gestalt of this operation have the above-mentioned configuration shown in drawing 3 as shown in drawing 4 -- being alternate (the shape of an abbreviation rhombus) -- it is arranged. That is, two or more magnetic memory cells 31 allotted to an adjacent train or an adjacent line are arranged alternately. In addition, in drawing 4 , the condition of having been arranged is drawn so that the antiferromagnetism layer 41 may turn [ the magnetic memory cell 31 of drawing 3 ] up and the closed magnetic circuit layer 45 may turn down.

[0063] the center of each of the magnetic memory cell 31 which was installed stair-like and allotted in this installation direction as each word line 33 (let reference mark 33a-33b be one word line 33.) was shown in drawing 4 -- alienation -- it wires so that the section may be penetrated. the center of each of the magnetic memory cell 31 which was installed in the installation direction of each above-mentioned word line 33, and the direction which intersects perpendicularly stair-like, and was allotted in this installation direction on the other hand as each bit line 32 (let reference mark 32a-32b be one bit line 32.) was shown in drawing 4 -- alienation -- it wires so that the section may be penetrated.

[0064] two or more magnetic memory cells 31 matched for the position with each word line 33 and each bit line 32 by each -- the center of each -- alienation -- since it is necessary to wire stair-like through the section, the longitudinal direction bends and wires by the upper and lower sides (upper and lower sides on the space of drawing 4 ) of each magnetic memory cell 31. Therefore, if width of face of wiring is set to F, both a bit line 32 and the word line 33 will have the minimum period of abbreviation 2F, and the further high integration of them will be attained from the magnetic memory apparatus of drawing 2 . <BR> [0065] When the magnetic memory cell 31 of the structure of drawing 3 is wired like drawing 4 and the magnetic memory apparatus in which random access is possible is constituted, "0" or "1" information is recorded by the sense of magnetization of the ferromagnetic layer 44. The sense of magnetization of the ferromagnetic layer 42 is being fixed at this time.

And when magnetization of the ferromagnetic layer 42 and the ferromagnetic layer 44 is parallel, resistance is low, and when it is anti-parallel, reading appearance of the information is carried out using the magneto-resistive effect that resistance becomes high. Informational writing is realized by reversing the sense of magnetization of the ferromagnetic layer 44 by the synthetic field which a bit line 32 and a word line 33 form.

[0066] As mentioned above, since the effect of an anti-field by the magnetic pole of each both ends of the ferromagnetic layers 42 and 44 of the magnetic memory cell 31 can be reduced certainly, while being able to hold the magnetization condition stabilized even if the arrangement pattern of the magnetic memory cell 31 was made detailed according to the magnetic memory apparatus of the gestalt of this operation, it becomes possible to realize the magnetic memory apparatus which has a higher degree of integration. Moreover, since the ferromagnetic layer 44 used as a memory layer forms the closed magnetic circuit with the closed magnetic circuit layer 45, the ferromagnetic layer 44 can also reduce the power consumption of the magnetic memory apparatus which used a majority of such magnetic memory cells 31 while serving as stability to an external leakage field.

[0067] The above-mentioned magnetic memory apparatus is not limited to arrangement of the magnetic memory cell 31 shown in drawing 4 , and it should just wire the bit line and word line which penetrate the closed magnetic circuit of this magnetic memory cell in the direction of slant (for example, the 45 abbreviation

direction) to the direction of a closed magnetic circuit of this magnetic memory cell while the magnetic layer which holds storage at least arranges the magnetic memory cell which has closed magnetic circuit structure to an abbreviation rhombus (alternate).

[0068] Although it is not limited especially if the above-mentioned closed magnetic circuit layers 25 and 45 have coercive force smaller than the ferromagnetic layers 22 and 42 which memorize information at least, what has high permeability is desirable. As an ingredient which has such a property, for example, the NiFe film, the FeAlSi film, the CoZrNb amorphous film, etc. are mentioned.

[0069] In addition, although the bit line 12 and the word line 13 are drawn in drawing 2 for convenience so that the width of face of wiring may differ mutually in order to make it legible, it has the width of face of abbreviation identitas actually. Although similarly the bit line 32 and the word line 33 are drawn in drawing 4 R> 4 for convenience so that the width of face of wiring may differ mutually in order to make it legible, it has the width of face of abbreviation identitas actually.

[0070] Moreover, although the above explains the example in which an antiferromagnetism layer and the 1st a little more than magnetic layer (the antiferromagnetism layer 21, the ferromagnetic layer 22, or the antiferromagnetism layer 41 and the ferromagnetic layer 42) carry out switched connection, the two-layer magnetic layer of this invention which is not limited to this and carries out antiferromagnetism association through the big magnetic layer of coercive force and a thin metal layer is usable. That is, in this invention, if the sense of magnetization is fixed substantially [ the 1st a little more than magnetic layer ] in field inboard, especially a configuration will not be limited.

[0071] Although the above explanation showed two examples using the TMR component as a magnetic memory cell which has closed magnetic circuit structure, it is also possible to use the magnetic memory cell which has other closed magnetic circuit structures. Moreover, in this invention, it is not limited to the example mentioned above about direction of a bit line, a word line, and closed magnetic circuit structure.

[0072] The 1st MAG memory apparatus of this invention is characterized by bending and arranging another side while it arranges either the bit line which penetrates the closed magnetic circuit of this magnetic memory cell while the magnetic layer which holds storage at least arranges the magnetic memory cell which has closed magnetic circuit structure in the shape of an abbreviation grid as mentioned above, or a word line in the shape of a straight line.

[0073] The 2nd MAG memory apparatus of this invention is characterized by wiring 45 abbreviation hard flow to the direction of a closed magnetic circuit of this magnetic memory cell in the bit line and word line which penetrate the closed magnetic circuit of this magnetic memory cell while it arranges the magnetic memory cell in which the magnetic layer which holds storage at least has closed magnetic circuit structure so that it may become an abbreviation rhombus.

[0074] The 3rd MAG memory apparatus of this invention is set to the above-mentioned 1st or 2nd MAG memory apparatus. The above-mentioned magnetic memory cell consists of a magnetic tunnel junction component which carried out the laminating of the 1st magnetic layer, an insulating layer, and the 2nd magnetic layer to order at least. And at least, a center section is estranged, the 3rd magnetic layer is prepared in a side which is [ this insulating regular placing being / of the 1st or 2nd magnetic layer of the above / a layer, and ] different, and it is characterized by the closed magnetic circuit being constituted by the 1st and 3rd magnetic layers of the above, or the 2nd and 3rd magnetic layers of the above.

[0075] The 4th MAG memory apparatus of this invention is set to the above-mentioned 1st or 2nd MAG memory apparatus. The above-mentioned magnetic memory cell consists of a magnetic tunnel junction component which carried out the laminating of the 1st magnetic layer, an insulating layer, and the 2nd magnetic layer to order at least. And it is characterized by estranging a center section through a metal layer, preparing the 3rd magnetic layer, and the closed magnetic circuit being constituted at least, by the 1st and 3rd magnetic layers of the above, or the 2nd and 3rd magnetic layers of the above at a side which is [ this insulating regular placing being / of the 1st or 2nd magnetic layer of the above / a layer, and ] different.

[0076] Since the effect of the magnetic pole of the both ends of a magnetic memory cell can be reduced, while being able to hold the magnetization condition stabilized even if the pattern was made detailed according to the above-mentioned 1st thru/or the above-mentioned 4th MAG memory apparatus, it becomes possible to realize the magnetic memory apparatus which has a higher degree of integration. Moreover, since the ferromagnetic layer used as a memory layer takes closed magnetic circuit structure, this ferromagnetic layer can reduce the

power consumption of the magnetic memory apparatus which used many such magnetic memory cells while serving as stability to an external leakage field.

[0077]

[Effect of the Invention] The magnetic memory cell concerning this invention is equipped with the 1st a little more than magnetic layer by which the sense of magnetization was substantially fixed to field inboard, the insulating layer prepared on the above-mentioned 1st a little more than magnetic layer, the 2nd a little more than magnetic layer which is prepared on the above-mentioned insulating layer and shows the magnetization within a field, and the closed magnetic circuit layer which is prepared on the above-mentioned 2nd a little more than magnetic layer, and forms a closed magnetic circuit with this 2nd a little more than magnetic layer as mentioned above.

[0078] Since it is not the configuration that prepares the 3rd magnetic layer in the side face of two ferromagnetic layers like the conventional technique given in JP,10-302456,A but the configuration that a closed magnetic circuit layer is prepared on the 2nd ferromagnetism according to the above-mentioned invention Complicated processing [ become / the dimension of the cross direction of a magnetic memory cell does not increase, and / make width of face of an insulating layer narrower than the 1st and the 2nd a little more than magnetic layer for the 3rd magnetic layer, or / dimension / the same flat surface as each end face of the 1st and the 2nd a little more than magnetic layer ] in which it is as processing the ends side and die length of the 3rd magnetic layer \*\*\*\* becomes unnecessary.

[0079] That is, while being able to make small area (1-bit cell size) which a magnetic memory cell occupies with the easy configuration of preparing a closed magnetic circuit layer on the 2nd ferromagnetism, since complicated processing like before is unnecessary, the magnetic memory cell excellent in productivity is realizable according to the above-mentioned invention.

[0080] Since the above-mentioned closed magnetic circuit layer forms a closed magnetic circuit with the 2nd a little more than magnetic layer, it can make zero substantially the magnetic pole generated to the both ends of the 2nd a little more than magnetic layer. Thereby, generating of an anti-field which originates in this magnetic pole and is produced can be reduced certainly. Thus, since the effect of an anti-field by the magnetic pole of the both ends of the 2nd a little more than magnetic layer is avoidable, magnetization of the 2nd a little more than magnetic layer is stabilized, and, thereby, -izing of the magnetic memory cell can be carried out [ detailed ]. And since the effect of an anti-field which can attain stabilization to an external leakage field since the 2nd a little more than magnetic layer forms the closed magnetic circuit with the closed magnetic circuit layer according as mentioned above to the magnetic pole of the both ends of the 2nd a little more than magnetic layer is avoidable, magnetization of the 2nd a little more than magnetic layer is stabilized, and, thereby, -izing of the magnetic memory cell can be carried out [ detailed ]. And since the 2nd a little more than magnetic layer forms the closed magnetic circuit with the closed magnetic circuit layer, the effectiveness that stabilization can be attained to an external leakage field is collectively done so.

[0081] the center which is the space which the above-mentioned closed magnetic circuit layer was prepared on the above-mentioned 2nd a little more than magnetic layer so that it might estrange in the center section, and was made by alienation -- alienation -- it is desirable to be prepared so that the bit line and word line with which the section was insulated mutually may penetrate.

[0082] In this case, since the both sides of a bit line and a word line become a configuration passing through the inside of a closed magnetic circuit, magnetization of the 2nd a little more than magnetic layer can be efficiently reversed at the time of writing.

[0083] the center of each of two or more magnetic memory cells allotted to the train (or the same line) with each same word line while having arranged two or more above-mentioned magnetic memory cells in the shape of an abbreviation grid -- alienation -- the center of each of two or more magnetic memory cells allotted to the line (or the same train) with each same bit line while wiring in the shape of a straight line so that the section might be penetrated -- alienation -- it is desirable that a line writing direction (or the direction of a train) bends and wires so that the section may be penetrated.

[0084] In this case, since the magnetic memory cell by which the effect of an anti-field by the magnetic pole of the both ends of the 1st and the 2nd a little more than magnetic layer was reduced is used, two or more magnetic memory cells can be arranged in a high cel consistency in the shape of an abbreviation grid. If width of face of wiring is set to F by wiring each word line and each bit line as mentioned above, respectively, while the

minimum period of a word line will be set to  $2F$  (or  $4F$ ), the minimum period of a bit line is set to  $4F$  (or  $2F$ ).  
[0085] As mentioned above, since the effect of an anti-field by the magnetic pole of each both ends of the 1st and the 2nd a little more than magnetic layer of a magnetic memory cell can be reduced certainly, while being able to hold the magnetization condition stabilized even if the arrangement pattern of a magnetic memory cell was made detailed according to the above-mentioned magnetic memory apparatus, it becomes possible to realize the magnetic memory apparatus which has a higher degree of integration. Moreover, since the 2nd a little more than magnetic layer used as a memory layer forms the closed magnetic circuit with the closed magnetic circuit layer, while becoming stability to an external leakage field, reducing the power consumption of the magnetic memory apparatus which used many such magnetic memory cells also does so collectively the effectiveness of being possible.

[0086] It may replace with the above-mentioned magnetic memory cell, and that by which the metal layer is further prepared between the above-mentioned closed magnetic circuit layer and the above-mentioned 2nd a little more than magnetic layer may be used. In this case, since structure where the interface of the 2nd a little more than magnetic layer / closed magnetic circuit layer does not exist is realized, the effectiveness of becoming possible to raise the yield of a magnetic memory cell is collectively done so.

[0087] While using two or more such magnetic memory cells and arranging alternately these two or more magnetic memory cells in an adjacent train or an adjacent line, each word line the center of each of the magnetic memory cell which was installed stair-like and allotted in this installation direction -- alienation -- each bit line, while wiring so that the section may be penetrated the center of each of the magnetic memory cell which was installed in the above-mentioned installation direction of each above-mentioned word line, and the direction which intersects perpendicularly stair-like, and was allotted in this installation direction -- alienation -- the magnetic memory apparatus wired so that the section might be penetrated may be constituted.

[0088] In this case, since the magnetic memory cell by which the effect of an anti-field by the magnetic pole of the both ends of the 1st and the 2nd a little more than magnetic layer was reduced is used, two or more magnetic memory cells can be arranged in a high cel consistency in the shape of an abbreviation grid. If width of face of wiring is set to  $F$  by wiring each word line and each bit line as mentioned above, respectively, both a bit line and a word line will have the minimum period of abbreviation  $2F$ , and the further high integration of them will be attained from the above-mentioned magnetic memory apparatus.

[0089] As mentioned above, since the effect of an anti-field by the magnetic pole of each both ends of the 1st and the 2nd a little more than magnetic layer of a magnetic memory cell can be reduced certainly, while being able to hold the magnetization condition stabilized even if the arrangement pattern of a magnetic memory cell was made detailed according to the above-mentioned magnetic memory apparatus, it becomes possible to realize the magnetic memory apparatus which has a higher degree of integration. Moreover, since the 2nd a little more than magnetic layer used as a memory layer forms the closed magnetic circuit with the closed magnetic circuit layer, the 2nd a little more than magnetic layer does so collectively the effectiveness that it is also possible to reduce the power consumption of the magnetic memory apparatus which used many such magnetic memory cells while serving as stability to an external leakage field.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

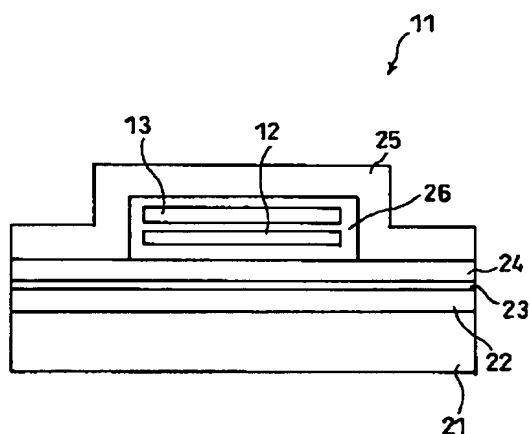
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

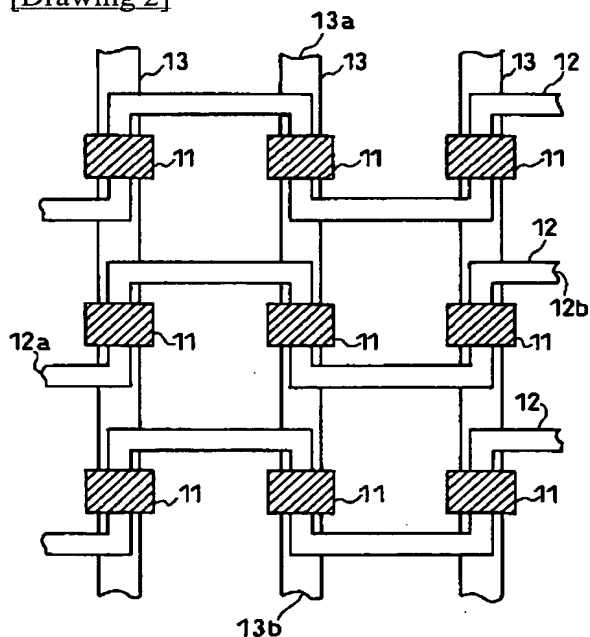
DRAWINGS

---

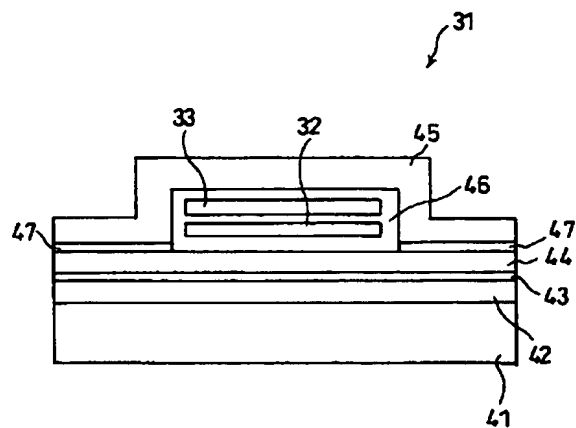
[Drawing 1]



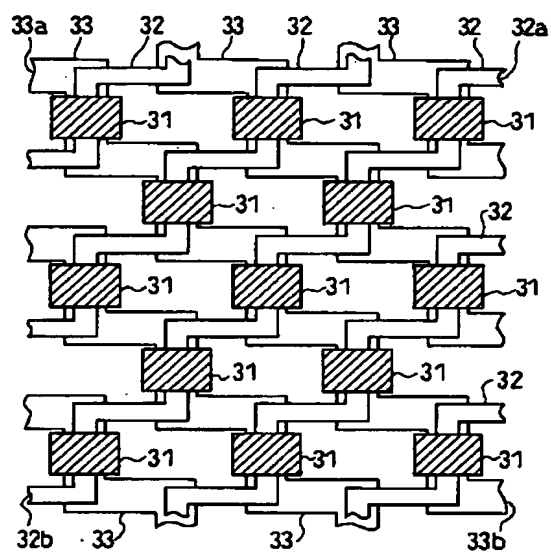
[Drawing 2]



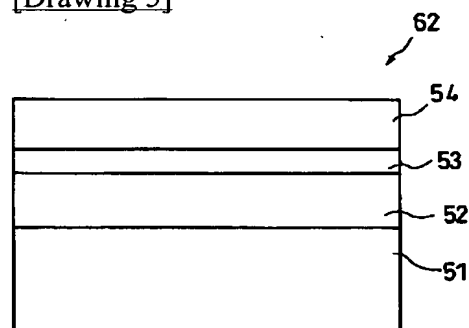
[Drawing 3]



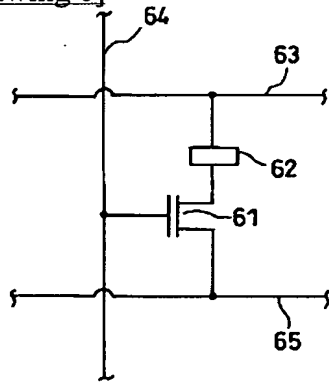
[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6]



---

[Translation done.]



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-273759

(43)Date of publication of application : 05.10.2001

(51)Int.Cl.

G11C 11/15

G11C 11/14

H01L 43/08

(21)Application number : 2000-087389

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 27.03.2000

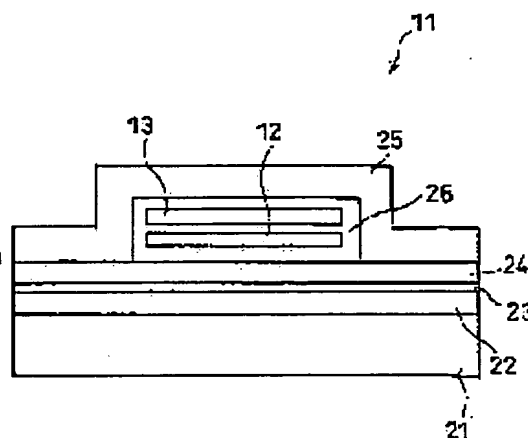
(72)Inventor : NAMIKATA RYOJI  
MICHIJIMA MASASHI  
HAYASHI HIDEKAZU

## (54) MAGNETIC MEMORY CELL AND MAGNETIC MEMORY DEVICE

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic memory cell which is formed by introducing a closed magnetic path structure into a ferromagnetic layer which is a memory layer and a magnetic memory device which retains cell density without degradation by using the magnetic memory cell.

SOLUTION: The magnetic memory cell 11 has an antiferromagnetic layer 21, a ferromagnetic layer 22 which is disposed on the antiferromagnetic layer 21, exhibits intra-surface magnetization and makes exchange bonding with the antiferromagnetic layer 21, an insulating layer 23 which is disposed on the ferromagnetic layer 22, a ferromagnetic layer 24 which is disposed on the insulating layer 23 and exhibits the intra-surface magnetization and a closed magnetic path layer 25 which is disposed on the ferromagnetic layer 24 and forms a closed magnetic path together with the ferromagnetic layer 24. The magnetic memory device is embodied by arranging such magnetic memory cells 11 to a grid form or zigzag form.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-273759

(P2001-273759A)

(43)公開日 平成13年10月5日(2001.10.5)

(51)IntCl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
G 1 1 C	11/15	G 1 1 C	11/15
	11/14		11/14
H 0 1 L	43/08	H 0 1 L	43/08
			A
			Z

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2000-87389(P2000-87389)

(22)出願日 平成12年3月27日(2000.3.27)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 南方 量二

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72)発明者 道嶋 正司

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72)発明者 林 秀和

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74)代理人 100080034

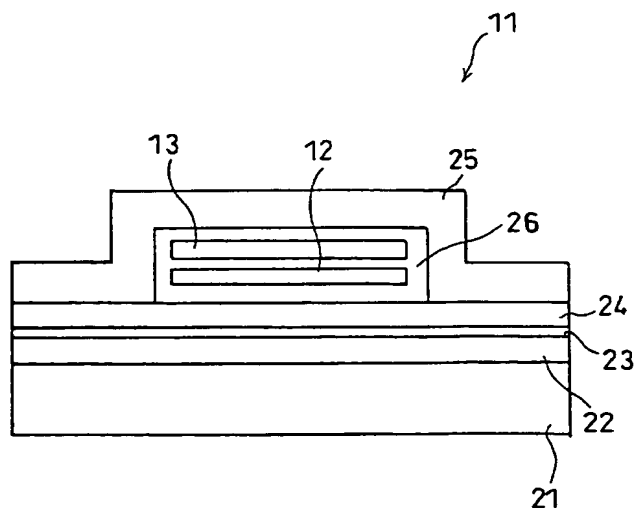
弁理士 原 謙三

(54)【発明の名称】 磁気メモリセルと磁気メモリ装置

(57)【要約】

【課題】 メモリ層となる強磁性層に閉磁路構造を導入した磁気メモリセルと該磁気メモリセルを使用してセル密度が低下しない磁気メモリ装置を提供する。

【解決手段】 磁気メモリセル11は、反強磁性層21と、この反強磁性層21上に設けられ、面内磁化を示し、反強磁性層21と交換結合する強磁性層22と、この強磁性層22上に設けられた絶縁層23と、この絶縁層23上に設けられ、面内磁化を示す強磁性層24と、この強磁性層24上に設けられ、強磁性層24と共に閉磁路を形成する閉磁路層25とを備えており、このような磁気メモリセル11を格子状や千鳥状に配置して磁気メモリ装置を実現する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】磁化の向きが面内方向に実質的に固定された第1強磁性層と、

上記の第1強磁性層上に設けられた絶縁層と、

上記絶縁層上に設けられ、面内磁化を示す第2強磁性層と、

上記の第2強磁性層上に設けられ、該第2強磁性層と共に閉磁路を形成する閉磁路層とを備えた磁気メモリセル。

【請求項2】上記の閉磁路層は、中央部で離間するように上記の第2強磁性層上に設けられ、離間によりできた空間である中央離間部を互いに絶縁されたビット線およびワード線が貫通するように設けられていることを特徴とする請求項1に記載の磁気メモリセル。

【請求項3】上記の閉磁路層と、上記の第2強磁性層との間に金属層が更に設けられていることを特徴とする請求項2に記載の磁気メモリセル。

【請求項4】請求項2に記載の複数の磁気メモリセルを略格子状に配置すると共に、

各ワード線は、同じ列に配された複数の磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように直線状に配線される一方、

各ビット線は、同じ行に配された複数の磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように、行方向に曲折して配線されることを特徴とする磁気メモリ装置。

【請求項5】請求項2に記載の複数の磁気メモリセルを略格子状に配置すると共に、

各ワード線は、同じ行に配された複数の磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように直線状に配線される一方、

各ビット線は、同じ列に配された複数の磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように、列方向に曲折して配線されることを特徴とする磁気メモリ装置。

【請求項6】隣り合う列又は行に請求項3に記載の複数の磁気メモリセルを千鳥状に配置すると共に、

各ワード線は、階段状に延設され、この延設方向に配された磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように配線される一方、

各ビット線は、上記各ワード線の上記延設方向と直交する方向に階段状に延設され、この延設方向に配された磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように配線されることを特徴とする磁気メモリ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響を低減できる磁気メモリセルと、セル密度を低下させることなく複数の磁気メモリセルを配置した磁気メモリ装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、磁気トンネル接合(MTJ)素子

は、従来の異方性磁気抵抗効果(AMR)素子や巨大磁気抵抗効果(GMR)素子に比べて大きな出力が得られることから、HDD用再生ヘッドや磁気メモリへの応用が考えられている。

【0003】特に、磁気メモリにおいては、半導体メモリと同じく稼働部の無い固体メモリであること、電源が遮断されても情報は失われないこと、繰り返し回数が無限回であること、及び放射線が入射しても記録内容が消失する危険性が無いこと等、半導体メモリと比較して有用である。

【0004】従来のMTJ素子62の構成例を図5に示す。このような構成のMTJ素子62は、例えば、特開平9-106514号公報に示されている。

【0005】上記従来のMTJ素子62は、図5に示すように、反強磁性層51、強磁性層52、絶縁層53、強磁性層54を積層したものである。強磁性層52及び強磁性層54の磁化は何れも膜面内にあり、平行もしくは反平行となるように実効的な軸磁気異方性を有している。そして、強磁性層52の磁化は反強磁性層51との交換結合により実質的に一方向に固定され、強磁性層54の磁化の方向で記録を保持する。

【0006】反強磁性層51としては、FeMn、NiMn、MnPt、MnIr等の合金が用いられ、強磁性層52及び強磁性層54としてはFe、Co、Niあるいはこれらの合金が用いられる。また、絶縁層53としては、各種の酸化物や窒化物が検討されているが、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜の場合に最も高い磁気抵抗(MR)比が得られることが知られている。また、この他に、反強磁性層51を除いた構成で、強磁性層52と強磁性層54の保磁力差を利用したMTJ素子の提案もなされている。

【0007】図5の構造のMTJ素子62をランダムアクセス可能な磁気メモリに用いた場合の概略図を図6に示す。トランジスタ61は読み出し時にMTJ素子62を選択する役割を有している。「0」、「1」の情報は、図5に示すMTJ素子62の強磁性層54の磁化の向きによって記録されており、強磁性層52の磁化の向きは固定されている。そして、強磁性層52と強磁性層54の磁化が平行のときは抵抗値が低く、反平行のときは抵抗値が高くなるという磁気抵抗効果を利用して情報を読み出す。書き込みは、ビット線63とワード線64が形成する合成磁界によって強磁性層54の磁化の向きを反転することで実現される。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記構成のMTJ素子62では強磁性層52及び強磁性層54の磁化が面内方向であるため、両端部には磁極が発生する。磁気メモリの高密度化を図るにはMTJ素子62を微細化する必要があるが、素子の微細化に伴って両端部の磁極による反磁界の影響が大きくなる。これにより、磁気メモリセルのセル密度が低下してしまう。

【0009】強磁性層52については反強磁性層51と交換結合していることから、上記の反磁界の影響は少なく、また、例えば米国特許5841692号公報に開示されているように、強磁性層52を反強磁性結合する二つの強磁性層で構成することにより、端部に発生する磁極を実質的にゼロにすることができる。

【0010】一方、メモリ層となる強磁性層54については、同様の手法を用いることができないので、パターンが微細化するにつれて端部磁極の影響により磁化が不安定になり、記録の保持が困難となってしまう。

【0011】そこで、メモリ層となる強磁性層54を閉磁路構造とすることによって、端部磁極の影響を低減することが考えられる。このとき、ビット線とワード線を両方とも該閉磁路内を通る構成とすれば、書き込み時に効率良く強磁性層54の磁化を反転できる効果が得られるが、ビット線とワード線は、図6に示すような簡単な直交配列を取ることが困難になる。なお、図6において、参照符号65はプレートラインを示す。

【0012】閉磁路構造の例は、特開平10-302456号公報等に開示されている。これによれば、磁気メモリ薄膜メモリ素子においては、膜面内の一方向に磁化方向がある第1及び第2磁性層が、非磁性層を介して積層されており、第1及び第2磁性層の側面には第3磁性層が設けられており、全体として第1乃至第3磁性層が非磁性層を囲むように配置されている。外部磁界がゼロの保存状態では、第1磁性層の磁化と第2磁性層の磁化は反平行であって、第3磁性層を介して閉磁路が形成されるようになっている。

【0013】上記磁気メモリ薄膜メモリ素子によれば、保存時には記録に関わる磁性膜が閉磁路を形成するため、反磁界による悪影響を回避することができ、1ビットのセル幅を小さくすることが可能となる。それゆえ、集積度の高い磁性薄膜メモリを実現できる。

【0014】しかしながら、特開平10-302456号公報に記載の従来技術では、2つの強磁性層（第1及び第2磁性層）の側面に第3磁性層（閉磁路層）を設ける構成であるので、絶縁層（非磁性層）の幅を第3磁性層のために第1及び第2磁性層よりも狭くしたり、第1及び第2磁性層の各端面と同一平面になるように第3磁性層の両端面や長さを加工したりという複雑な処理が必要となる。つまり、該従来技術では、上記のような複雑な処理が必要であるので、生産性に優れた磁気メモリセルを実現できない。しかも、特開平10-302456号公報には、セル密度を低下させることなく、磁気メモリセルを最適に配置する磁気メモリ装置については開示も示唆もない。

【0015】そこで、本発明は上記問題点に鑑みなされたものであり、その目的は、メモリ層となる強磁性層に閉磁路構造を導入した磁気メモリセルと、該磁気メモリセルを使用してセル密度が低下しない磁気メモリ装置を

提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明に係る磁気メモリセルは、上記課題を解決するために、磁化の向きが面内方向に実質的に固定された第1強磁性層と、上記の第1強磁性層上に設けられた絶縁層と、上記絶縁層上に設けられ、面内磁化を示す第2強磁性層と、上記の第2強磁性層上に設けられ、該第2強磁性層と共に閉磁路を形成する閉磁路層とを備えている。

10 【0017】上記の発明によれば、特開平10-302456号公報に記載の従来技術のように2つの強磁性層（第1及び第2磁性層）の側面に第3磁性層（閉磁路層）を設ける構成ではなくて、閉磁路層が第2強磁性層上に設けられる構成であるので、磁気メモリセルの幅方向の寸法は増加せず、且つ、絶縁層（非磁性層）の幅を第3磁性層のために第1及び第2磁性層よりも狭くしたり、第1及び第2磁性層の各端面と同一平面になるように第3磁性層の両端面や長さを加工したりという複雑な処理が不要となる。

20 【0018】つまり、上記発明によれば、閉磁路層を第2強磁性層上に設けるという簡単な構成で、磁気メモリセルの占める面積（1ビットのセル幅）を小さくできると共に、従来のような複雑な処理が不要であるので、生産性に優れた磁気メモリセルを実現できる。

【0019】本磁気メモリセルにおいては、第1強磁性層、絶縁層、及び第2強磁性層によって磁気トンネル接合素子が形成される。磁気トンネル接合素子は、外部磁界の大きさの変化に応じて、第1及び第2強磁性層のスピンが反平行、平行に変化し、この変化に伴って、トンネルコンダクタンスが変化する現象を示す。この現象を利用すれば、記憶装置が実現できる。

30 【0020】第1強磁性層は磁化の向きが面内方向に実質的に固定されているので、スピンの反平行、平行の明瞭なスイッチングが可能となる。つまり、第1強磁性層のスピンが固定されており、第2強磁性層のスピンを外部磁界に応じて動くようにできるので、スピンの平行、反平行を明瞭に行うことができる。上記スイッチングにより、「0」、「1」の情報は、第2強磁性層の磁化の向きによって記録される一方、第1強磁性層の磁化の向きは固定されている。そして、第1及び第2強磁性層の磁化が平行のときは抵抗値が低く、反平行のときは抵抗値が高くなるという磁気抵抗効果を利用して情報が読み出される。

40 【0021】上記閉磁路層は、第2強磁性層と共に閉磁路を形成するので、第2強磁性層の両端部に発生する磁極を実質的にゼロにすることができる。これにより、該磁極に起因して生じる反磁界の発生を確実に低減できる。このように、第2強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響を回避できるので、第2強磁性層の磁化が安定し、これにより、磁気メモリセルを微細化できる。し

かも、第2強磁性層が閉磁路層と共に閉磁路を形成しているの、外部漏洩磁界に対して安定化が図れる。

【0022】上記の閉磁路層は、中央部で離間するように上記の第2強磁性層上に設けられ、離間によりできた空間である中央離間部を互いに絶縁されたビット線およびワード線が貫通するように設けられていることが好ましい。

【0023】この場合、ビット線とワード線の双方が閉磁路内を通る構成となるので、書き込み時に効率良く第2強磁性層の磁化を反転できる。

【0024】複数の上記磁気メモリセルを略格子状に配置すると共に、各ワード線は、同じ列（又は同じ行）に配された複数の磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように直線状に配線される一方、各ビット線は、同じ行（又は同じ列）に配された複数の磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように、行方向（又は列方向）に曲折して配線されることが好ましい。

【0025】この場合、第1及び第2強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響が低減された磁気メモリセルを使用するので、複数の磁気メモリセルを略格子状に高セル密度に配置できる。各ワード線及び各ビット線を上記のようにそれぞれ配線することによって、配線の幅をFとすると、ワード線の最小周期は2F（又は4F）となる一方、ビット線の最小周期は4F（又は2F）となる。

【0026】この磁気メモリ装置によれば、「0」、「1」の情報は、第2強磁性層の磁化の向きによって記録されている。このとき、第1強磁性層の磁化の向きは固定されている。そして、第1及び第2強磁性層の磁化が平行のときは抵抗値が低く、反平行のときは抵抗値が高くなるという磁気抵抗効果を利用して情報が読み出される。情報の書き込みは、ビット線とワード線を通る電流が形成する合成磁界によって第2強磁性層の磁化の向きを反転することで実現される。

【0027】以上のように、上記磁気メモリ装置によれば、磁気メモリセルの第1及び第2強磁性層の各両端部の磁極による反磁界の影響を確実に低減できるので、磁気メモリセルの配置パターンが微細化されても安定した磁化状態を保持することができると共に、より高い集積度を有する磁気メモリ装置を実現することが可能となる。また、メモリ層となる第2強磁性層が閉磁路層と共に閉磁路を形成しているの、外部漏洩磁界に対して安定となると共に、このような磁気メモリセルを多数使用した磁気メモリ装置の消費電力を低減することも可能である。

【0028】上記磁気メモリセルに代えて、上記の閉磁路層と、上記の第2強磁性層との間に金属層が更に設けられているものを用いてもよい。この場合、第2強磁性層／閉磁路層の界面が存在しない構造が実現するので、磁気メモリセルの歩留りを向上させることが可能とな

る。

【0029】このような磁気メモリセルを複数使用し、隣り合う列又は行に複数の該磁気メモリセルを千鳥状に配置すると共に、各ワード線は、階段状に延設され、この延設方向に配された磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように配線される一方、各ビット線は、上記各ワード線の上記延設方向と直交する方向に階段状に延設され、この延設方向に配された磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように配線された磁気メモリ装置を構成してもよい。

【0030】この場合、第1及び第2強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響が低減された磁気メモリセルを使用するので、複数の磁気メモリセルを略格子状に高セル密度に配置できる。各ワード線及び各ビット線を上記のようにそれぞれ配線することによって、配線の幅をFとすると、ビット線とワード線とは、共に、略2Fの最小周期を有することになり、上記磁気メモリ装置よりも、更なる高集積化が可能となる。

【0031】この磁気メモリ装置によれば、「0」、「1」の情報は、第2強磁性層の磁化の向きによって記録されている。このとき、第1強磁性層の磁化の向きは固定されている。そして、第1及び第2強磁性層の磁化が平行のときは抵抗値が低く、反平行のときは抵抗値が高くなるという磁気抵抗効果を利用して情報が読み出される。情報の書き込みは、ビット線とワード線を通る電流が形成する合成磁界によって第2強磁性層の磁化の向きを反転することで実現される。

【0032】以上のように、上記磁気メモリ装置によれば、磁気メモリセルの第1及び第2強磁性層の各両端部の磁極による反磁界の影響を確実に低減できるので、磁気メモリセルの配置パターンが微細化されても安定した磁化状態を保持することができると共に、より高い集積度を有する磁気メモリ装置を実現することが可能となる。また、メモリ層となる第2強磁性層が閉磁路層と共に閉磁路を形成しているの、外部漏洩磁界に対して安定となると共に、このような磁気メモリセルを多数使用した磁気メモリ装置の消費電力を低減することも可能である。

【0033】

【発明の実施の形態】本発明の実施の一形態について図1及び図2に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0034】本実施の形態に係る磁気メモリ装置は、図2に示すように、複数の磁気メモリセル11から構成されている。各磁気メモリセル11は、図1に示すような断面構造を有しており、反強磁性層21、強磁性層22、絶縁層23、及び強磁性層24からなるMTJ素子上に、閉磁路層25が設けられている。

【0035】上記の強磁性層22及び強磁性層24は、面内磁化（磁化の向きが面内方向）を示す。強磁性層2

2及び強磁性層24の磁化は、何れも膜面内にあり、平行もしくは反平行となるように実効的な一軸磁気異方性を有している。そして、強磁性層22の磁化は反強磁性層21との交換結合により実質的に一方向に固定され、強磁性層24の磁化の方向で記録を保持する。

【0036】反強磁性層21としては、FeMn、NiMn、MnPt、MnIr等の合金が用いられ、強磁性層22及び強磁性層24としてはFe、Co、Niあるいはこれらの合金が用いられる。また、絶縁層23としては、各種の酸化物や窒化物が検討されているが、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜の場合に最も高い磁気抵抗(MR)比が得られる。

【0037】上記構成のMTJ素子においては、反強磁性層21と強磁性層22が交換結合するように構成されているので、強磁性層22の両端部に発生する磁極の影響を低減することができる。また、上記構成のMTJ素子上には閉磁路層25が設けられているので、メモリ層となる上記強磁性層24は、上記閉磁路層25と共に閉磁路を形成することになる。これにより、強磁性層24の両端部に発生する磁極を実質的にゼロにすることができるので、該磁極の影響を低減できる。

【0038】上記磁気メモリセル11は、外部磁界の大きさの変化に応じて、2つの強磁性層22及び24のスピンの反平行、平行に変化し、この変化に伴って、トンネルコンダクタンスが変化する現象を示す。この現象を利用すれば、記憶装置が実現できる。つまり、強磁性層22は反強磁性層21との接合によって、強磁性層22のスピンの交換磁界によって固定される現象を利用すると、スピンの反平行、平行の明瞭なスイッチングが可能となる。

【0039】上記の強磁性層22のスピンの固定されると、強磁性層24のスピンを外部磁界に応じて動くようにできるので、スピンの平行、反平行を明瞭に行うことができる。上記スイッチングにより、「0」、「1」の情報は、強磁性層24の磁化の向きによって記録される一方、強磁性層22の磁化の向きは固定される。そして、強磁性層22及び24の磁化が平行のときは抵抗値が低く、反平行のときは抵抗値が高くなるという磁気抵抗効果を利用して情報が読み出される。

【0040】上記閉磁路層25は、中央部で離間するように上記強磁性層24上に、例えば接合によって、設けられている(以下、このように中央部で離間された結果生じる空間を中央離間部と称す。)。閉磁路層25の中央離間部を介して、ビット線12(上記参照符号12a-12bを1本のビット線12とする。)、及びワード線13(上記参照符号13a-13bを1本のワード線13とする。))が、図1の紙面垂直方向に貫通するようになっている。これにより、ビット線12とワード線13の双方が、強磁性層24及び閉磁路層25によって形成される閉磁路内を通る構成となるので、書き込み時に

効率良く強磁性層24の磁化を反転できる。なお、上記中央離間部には、ビット線12及びワード線13が互いに電氣的に絶縁されるように、絶縁層26が設けられている。

【0041】磁気メモリ装置の高密度化を図るにはMTJ素子を微細化する必要があるが、MTJ素子の微細化に伴って、強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響が大きくなる(強磁性層24の磁化が不安定になる。)。これにより、従来は、磁気メモリセルのセル密度が低下していた。

【0042】しかし、本実施の形態に係る磁気メモリ装置によれば、上述のように各磁気メモリセル11を構成することによって、強磁性層22及び強磁性層24の各両端部の磁極による反磁界を確実に低減することができる。特に、強磁性層24の両端部の磁極による反磁界の低減により、強磁性層24の磁化が安定になるので、上記構成を有する複数の磁気メモリセル11を適切に配置すれば、セル密度の低下を確実に回避できる。

【0043】ここで、どのようにすれば、セル密度を低下させることなく、上記構成を有する複数の磁気メモリセル11を配置できるかについて、図2を参照しながら、説明する。なお、図2は、図の簡略化のために、選択トランジスタが省略して描かれている。

【0044】本実施の形態に係る磁気メモリ装置によれば、図2に示すように、図1に示す上記構成を有する複数の磁気メモリセル11が略格子状に配置されている。なお、図2においては、図1の磁気メモリセル11が、反強磁性層21が上になり且つ閉磁路層25が下になるように、配置された状態が描かれている。

【0045】各ワード線13は、図2に示すように、同じ列に配された複数の磁気メモリセル11の各中央離間部を貫通するように、図面の上下方向(即ち、縦方向)に直線状に配線されている。一方、各ビット線12は、図2に示すように、同じ行に配された複数の磁気メモリセル11の各中央離間部を貫通するように、図面の左右方向(即ち、横方向)に曲折して配線されている。

【0046】各ワード線13は、上下方向(即ち、縦方向)に直線状に設けられているので、図5に示す従来のものと同様の配線が可能である。一方、ビット線12は、上記ワード線13と直角方向である左右方向(即ち、横方向)の同じ行に配された磁気メモリセル11同士を各中央離間部を介して配線する必要があるため、各磁気メモリセル11の上下(図2の紙面上における上下)で左右方向に折り曲げて配線されている。したがって、配線の幅をFとすると、ワード線13の最小周期は2Fとなる一方、ビット線12の最小周期は4Fとなる。

【0047】図1の構造の磁気メモリセル11を図2のように配線してランダムアクセス可能な磁気メモリ装置を構成した場合、「0」、「1」の情報は、強磁性層2

4の磁化の向きによって記録されている。このとき、強磁性層22の磁化の向きは固定されている。そして、強磁性層22と強磁性層24の磁化が平行のときは抵抗値が低く、反平行のときは抵抗値が高くなるという磁気抵抗効果を利用して情報が読み出される。情報の書き込みは、ビット線12とワード線13が形成する合成磁界によって強磁性層24の磁化の向きを反転することで実現される。

【0048】以上のように、本実施の形態の磁気メモリ装置によれば、磁気メモリセル11の強磁性層22及び24の各両端部の磁極による反磁界の影響を確実に低減できるので、磁気メモリセル11の配置パターンが微細化されても安定した磁化状態を保持することができると共に、より高い集積度を有する磁気メモリ装置を実現することが可能となる。また、メモリ層となる強磁性層24が閉磁路層25と共に閉磁路を形成しているため、強磁性層24は外部漏洩磁界に対して安定となると共に、このような磁気メモリセル11を多数使用した磁気メモリ装置の消費電力を低減することも可能である。

【0049】上記磁気メモリ装置は、図2に示す磁気メモリセル11の配置に限定されるものではなく、少なくとも記憶を保持する磁性層が閉磁路構造を有する磁気メモリセルを略格子状に配置すると共に、該磁気メモリセルの閉磁路を貫通するビット線及びワード線のどちらか一方を直線状に配置すると共に、他方を折り曲げて配置するものであればよい。したがって、例えば、各ビット線12が、同じ列に配された複数の磁気メモリセル11の各中央離間部を貫通するように、図面の上下方向（即ち、縦方向）に直線状に配線されている一方、各ワード線13が、同じ行に配された複数の磁気メモリセル11の各中央離間部を貫通するように、図面の左右方向（即ち、横方向）に曲折して配線されているような配置でもよい。

【0050】ここで、本実施の形態に係る他の磁気メモリ装置について図3及び図4を参照しながら説明する。

【0051】本発明の他の実施の形態に係る磁気メモリ装置を図4に示す。この磁気メモリ装置は、図4に示すように、複数の磁気メモリセル31から構成されている。各磁気メモリセル31は、図3に示すような断面構造を有しており、反強磁性層41、強磁性層42、絶縁層43、及び強磁性層44からなるMTJ素子上に、薄い金属層47を介して閉磁路層45が設けられている。

【0052】上記の強磁性層42及び強磁性層44は、面内磁化（磁化の向きが面内方向）を示す。上記の強磁性層42及び強磁性層44は、面内磁化（磁化の向きが面内方向）を示す。強磁性層42及び強磁性層44の磁化は、何れも膜面内にあり、平行もしくは反平行となるように実効的な一軸磁気異方性を有している。そして、強磁性層42の磁化は反強磁性層41との交換結合により実質的に一方向に固定され、強磁性層44の磁化の方

向で記録を保持する。

【0053】反強磁性層41としては、FeMn、NiMn、MnPt、MnIr等の合金が用いられ、強磁性層42及び強磁性層44としてはFe、Co、Niあるいはこれらの合金が用いられる。また、絶縁層43としては、各種の酸化物や窒化物が検討されているが、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜の場合に最も高い磁気抵抗（MR）比が得られる。

【0054】上記構成のMTJ素子においては、反強磁性層41と強磁性層42が交換結合するように構成されているので、強磁性層42の両端部に発生する磁極の影響を低減できる。

【0055】強磁性層44と閉磁路層45は、両端部で金属層47を介して反磁性結合している。これにより、メモリ層となる上記強磁性層44は、金属層47を介して、上記閉磁路層45と共に閉磁路を形成することになる。それゆえ、強磁性層44の両端部に発生する磁極を実質的にゼロにすることができ、該磁極の影響を低減できる。しかも、上記のように、強磁性層44と閉磁路層45の間に金属層47が設けられているので、強磁性層44／閉磁路層45の界面が存在しない構造が実現するので、磁気メモリセル31の歩留りを向上させることが可能となる。

【0056】上記磁気メモリセル31は、外部磁界の大きさの変化に応じて、2つの強磁性層42及び44のスピンの反平行、平行に変化し、この変化に伴って、トンネルコンダクタンスが変化する現象を示す。この現象を利用すれば、記憶装置が実現できる。つまり、強磁性層42は反強磁性層41との接合によって、強磁性層42のスピンの反平行、平行の明瞭なスイッチングが可能となる。強磁性層42のスピンの固定されると、強磁性層44のスピンを外部磁界に応じて動くようにできるので、スピンの平行、反平行を明瞭に行うことができる。上記スイッチングにより、「0」、「1」の情報は、強磁性層44の磁化の向きによって記録される一方、強磁性層42の磁化の向きは固定されている。そして、強磁性層42及び44の磁化が平行のときは抵抗値が低く、反平行のときは抵抗値が高くなるという磁気抵抗効果を利用して情報が読み出される。

【0057】上記閉磁路層45は、中央部で離間するように上記強磁性層44上に金属層47を介して設けられている（以下、このように中央部で離間された結果生じる空間を中央離間部と称す。）。閉磁路層45の中央離間部を介して、ビット線32（上記参照符号32a-32bを1本のビット線32とする。）、及びワード線33（上記参照符号33a-33bを1本のワード線33とする。）が、図3の紙面垂直方向に貫通するようになっている。

【0058】これにより、ビット線32とワード線33



の双方が、強磁性層44及び閉磁路層45によって形成される閉磁路内を通る構成となるので、書き込み時に効率良く強磁性層44の磁化を反転できる。なお、上記中央離間部には、ビット線32及びワード線33が互いに電氣的に絶縁されるように、絶縁層46が設けられている。

【0059】磁気メモリ装置の高密度化を図るにはMTJ素子を微細化する必要があるが、MTJ素子の微細化に伴って、強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響が大きくなる（強磁性層44の磁化が不安定になる。）。これにより、従来は、磁気メモリセルのセル密度が低下していた。

【0060】しかし、本実施の形態に係る磁気メモリ装置によれば、上述のように各磁気メモリセル31を構成することによって、強磁性層42及び強磁性層44の各両端部の磁極による反磁界を確実に低減することができる。特に、強磁性層44の両端部の磁極による反磁界の低減により、強磁性層44の磁化が安定になるので、強磁性層44の磁化が安定になり、上記構成を有する複数の磁気メモリセル31を適切に配置すれば、セル密度の低下を確実に回避できる。

【0061】ここで、どのようにすれば、セル密度を低下させることなく、上記構成を有する複数の磁気メモリセル31を配置できるかについて、図4を参照しながら、説明する。なお、図4は、図の簡略化のために、選択トランジスタが省略して描かれている。

【0062】本実施の形態に係る磁気メモリ装置によれば、図4に示すように、図3に示す上記構成を有する複数の磁気メモリセル31が千鳥状（略菱形状）に配置されている。つまり、隣り合う列又は行に配された複数の磁気メモリセル31が千鳥状に配置されている。なお、図4においては、図3の磁気メモリセル31が、反強磁性層41が上になり且つ閉磁路層45が下になるように、配置された状態が描かれている。

【0063】各ワード線33（参照符号33a-33bを1本のワード線33とする。）は、図4に示すように、階段状に延設され、この延設方向に配された磁気メモリセル31の各中央離間部を貫通するように配線されている。一方、各ビット線32（参照符号32a-32bを1本のビット線32とする。）は、図4に示すように、上記各ワード線33の延設方向と直交する方向に階段状に延設され、この延設方向に配された磁気メモリセル31の各中央離間部を貫通するように配線されている。

【0064】各ワード線33及び各ビット線32は、何れも、所定の位置に配された複数の磁気メモリセル31を各中央離間部を介して階段状に配線するためがあるので、各磁気メモリセル31の上下（図4の紙面上における上下）で左右方向に折り曲げて配線されている。したがって、配線の幅をFとすると、ビット線32とワード

線33とは、共に、略2Fの最小周期を有することになり、図2の磁気メモリ装置よりも更なる高集積化が可能となる。

【0065】図3の構造の磁気メモリセル31を図4のように配線してランダムアクセス可能な磁気メモリ装置を構成した場合、「0」、「1」の情報は、強磁性層44の磁化の向きによって記録されている。このとき、強磁性層42の磁化の向きは固定されている。そして、強磁性層42と強磁性層44の磁化が平行のときは抵抗値が低く、反平行のときは抵抗値が高くなるという磁気抵抗効果を利用して情報が読み出される。情報の書き込みは、ビット線32とワード線33が形成する合成磁界によって強磁性層44の磁化の向きを反転することで実現される。

【0066】以上のように、本実施の形態の磁気メモリ装置によれば、磁気メモリセル31の強磁性層42及び44の各両端部の磁極による反磁界の影響を確実に低減できるので、磁気メモリセル31の配置パターンが微細化されても安定した磁化状態を保持することができると共に、より高い集積度を有する磁気メモリ装置を実現することが可能となる。また、メモリ層となる強磁性層44が閉磁路層45と共に閉磁路を形成しているので、強磁性層44は外部漏洩磁界に対して安定となると共に、このような磁気メモリセル31を多数使用した磁気メモリ装置の消費電力を低減することも可能である。

【0067】上記の磁気メモリ装置は、図4に示す磁気メモリセル31の配置に限定されるものではなく、少なくとも記憶を保持する磁性層が閉磁路構造を有する磁気メモリセルを略菱形（千鳥状）に配置すると共に、該磁気メモリセルの閉磁路を貫通するビット線及びワード線を該磁気メモリセルの閉磁路方向に対して斜め方向（例えば、略45度方向）に配線したものであればよい。

【0068】上記閉磁路層25及び45は、少なくとも情報を記憶する強磁性層22及び42よりも抗磁力が小さければ特に限定されるものではないが、高透磁率を有するものが望ましい。このような特性を有する材料として、例えば、NiFe膜、FeAlSi膜、CoZrNbアモルファス膜等が挙げられる。

【0069】なお、見やすくするために、便宜上、図2において、ビット線12とワード線13は配線の幅が互いに異なるように描いているが、実際には略同一の幅を有している。同様に、見やすくするために、便宜上、図4において、ビット線32とワード線33は配線の幅が互いに異なるように描いているが、実際には略同一の幅を有している。

【0070】また、上記は、反強磁性層と第1強磁性層（反強磁性層21と強磁性層22、又は反強磁性層41と強磁性層42）とが交換結合する例について説明しているが、本発明はこれに限定されるものではなく、抗磁力の大きな磁性層、薄い金属層を介して反強磁性結合す

る2層の磁性層等も使用可能である。つまり、本発明においては、第1強磁性層は、磁化の向きが面内方向に実質的に固定されたものであれば、特に構成は限定されない。

【0071】以上の説明では、閉磁路構造を有する磁気メモリセルとして、TMR素子を用いた二つの例を示したが、その他の閉磁路構造を有する磁気メモリセルを用いることも可能である。また、本発明においては、ビット線、ワード線、及び閉磁路構造の向きについては、上述した例に限定されるものではない。

【0072】本発明の第1磁気メモリ装置は、以上のよう、少なくとも記憶を保持する磁性層が閉磁路構造を有する磁気メモリセルを略格子状に配置すると共に、該磁気メモリセルの閉磁路を貫通するビット線及びワード線のどちらか一方を直線状に配置すると共に、他方を折り曲げて配置することを特徴としている。

【0073】本発明の第2磁気メモリ装置は、少なくとも記憶を保持する磁性層が閉磁路構造を有する磁気メモリセルを略菱形となるように配置すると共に、該磁気メモリセルの閉磁路を貫通するビット線及びワード線を該磁気メモリセルの閉磁路方向に対して略45度逆方向に配線することを特徴としている。

【0074】本発明の第3磁気メモリ装置は、上記の第1又は第2磁気メモリ装置において、上記磁気メモリセルが、少なくとも第1磁性層、絶縁層、及び第2磁性層を順に積層した磁気トンネル接合素子からなり、且つ、少なくとも上記第1又は第2磁性層の該絶縁層積層側と異なる側に中央部を離間して第3磁性層を設け、上記第1及び第3磁性層または上記第2及び第3磁性層により閉磁路が構成されていることを特徴としている。

【0075】本発明の第4磁気メモリ装置は、上記の第1又は第2磁気メモリ装置において、上記磁気メモリセルが、少なくとも第1磁性層、絶縁層、及び第2磁性層を順に積層した磁気トンネル接合素子からなり、且つ、少なくとも上記第1又は第2磁性層の該絶縁層積層側と異なる側に、金属層を介すると共に中央部を離間して第3磁性層を設け、上記第1及び第3磁性層または上記第2及び第3磁性層により閉磁路が構成されていることを特徴としている。

【0076】上記の第1乃至第4磁気メモリ装置によれば、磁気メモリセルの両端部の磁極の影響を低減できるので、パターンが微細化されても安定した磁化状態を保持することができると共に、より高い集積度を有する磁気メモリ装置を実現することが可能となる。また、メモリ層となる強磁性層が閉磁路構造をとるので、該強磁性層は外部漏洩磁界に対して安定となると共に、このような磁気メモリセルを多数使用した磁気メモリ装置の消費電力を低減できる。

【0077】

【発明の効果】本発明に係る磁気メモリセルは、以上の

ように、磁化の向きが面内方向に実質的に固定された第1強磁性層と、上記の第1強磁性層上に設けられた絶縁層と、上記絶縁層上に設けられ、面内磁化を示す第2強磁性層と、上記の第2強磁性層上に設けられ、該第2強磁性層と共に閉磁路を形成する閉磁路層とを備えている。

【0078】上記の発明によれば、特開平10-302456号公報に記載の従来技術のように2つの強磁性層の側面に第3磁性層を設ける構成ではなくて、閉磁路層が第2強磁性層上に設けられる構成であるので、磁気メモリセルの幅方向の寸法は増加せず、且つ、絶縁層の幅を第3磁性層のために第1及び第2強磁性層よりも狭くしたり、第1及び第2強磁性層の各端面と同一平面になるように第3磁性層の両端面や長さを加工したりという複雑な処理が不要となる。

【0079】つまり、上記発明によれば、閉磁路層を第2強磁性層上に設けるという簡単な構成で、磁気メモリセルの占める面積（1ビットのセル幅）を小さくできると共に、従来のような複雑な処理が不要であるので生産性に優れた磁気メモリセルを実現できる。

【0080】上記閉磁路層は、第2強磁性層と共に閉磁路を形成するので、第2強磁性層の両端部に発生する磁極を実質的にゼロにすることができる。これにより、該磁極に起因して生じる反磁界の発生を確実に低減できる。このように、第2強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響を回避できるので、第2強磁性層の磁化が安定し、これにより、磁気メモリセルを微細化できる。しかも、第2強磁性層が閉磁路層と共に閉磁路を形成しているので、外部漏洩磁界に対して安定化が図れる以上のように、第2強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響を回避できるので、第2強磁性層の磁化が安定し、これにより、磁気メモリセルを微細化できる。しかも、第2強磁性層が閉磁路層と共に閉磁路を形成しているので、外部漏洩磁界に対して安定化が図れるという効果を併せて奏する。

【0081】上記の閉磁路層は、中央部で離間するように上記の第2強磁性層上に設けられ、離間によりできた空間である中央離間部を互いに絶縁されたビット線およびワード線が貫通するように設けられていることが好ましい。

【0082】この場合、ビット線とワード線の双方が閉磁路内を通る構成となるので、書き込み時に効率良く第2強磁性層の磁化を反転できる。

【0083】複数の上記磁気メモリセルを略格子状に配置すると共に、各ワード線は、同じ列（又は同じ行）に配された複数の磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように直線状に配線される一方、各ビット線は、同じ行（又は同じ列）に配された複数の磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように、行方向（又は列方向）に曲折して配線されることが好ましい。

【0084】この場合、第1及び第2強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響が低減された磁気メモリセルを使用するので、複数の磁気メモリセルを略格子状に高セル密度に配置できる。各ワード線及び各ビット線を上記のようにそれぞれ配線することによって、配線の幅をFとすると、ワード線の最小周期は2F（又は4F）となる一方、ビット線の最小周期は4F（又は2F）となる。

【0085】以上のように、上記磁気メモリ装置によれば、磁気メモリセルの第1及び第2強磁性層の各両端部の磁極による反磁界の影響を確実に低減できるので、磁気メモリセルの配置パターンが微細化されても安定した磁化状態を保持することができると共に、より高い集積度を有する磁気メモリ装置を実現することが可能となる。また、メモリ層となる第2強磁性層が閉磁路層と共に閉磁路を形成しているので、外部漏洩磁界に対して安定となると共に、このような磁気メモリセルを多数使用した磁気メモリ装置の消費電力を低減することも可能であるという効果を併せて奏する。

【0086】上記磁気メモリセルに代えて、上記の閉磁路層と、上記の第2強磁性層との間に金属層が更に設けられているものを用いてもよい。この場合、第2強磁性層／閉磁路層の界面が存在しない構造が実現するので、磁気メモリセルの歩留りを向上させることが可能となるという効果を併せて奏する。

【0087】このような磁気メモリセルを複数使用し、隣り合う列又は行に複数の該磁気メモリセルを千鳥状に配置すると共に、各ワード線は、階段状に延設され、この延設方向に配された磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように配線される一方、各ビット線は、上記各ワード線の上記延設方向と直交する方向に階段状に延設され、この延設方向に配された磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように配線された磁気メモリ装置を構成してもよい。

【0088】この場合、第1及び第2強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響が低減された磁気メモリセルを使用するので、複数の磁気メモリセルを略格子状に高セル密度に配置できる。各ワード線及び各ビット線を上記のようにそれぞれ配線することによって、配線の幅をFとすると、ビット線とワード線とは、共に、略2Fの最小周期を有することになり、上記磁気メモリ装置よりも、更なる高集積化が可能となる。

【0089】以上のように、上記磁気メモリ装置によれば、

ば、磁気メモリセルの第1及び第2強磁性層の各両端部の磁極による反磁界の影響を確実に低減できるので、磁気メモリセルの配置パターンが微細化されても安定した磁化状態を保持することができると共に、より高い集積度を有する磁気メモリ装置を実現することが可能となる。また、メモリ層となる第2強磁性層が閉磁路層と共に閉磁路を形成しているので、第2強磁性層は外部漏洩磁界に対して安定となると共に、このような磁気メモリセルを多数使用した磁気メモリ装置の消費電力を低減することも可能であるという効果を併せて奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁気メモリセルの断面を示す説明図である。

【図2】図1の磁気メモリセルを使用した磁気メモリ装置の例を示す説明図である。

【図3】本発明に係る他の磁気メモリセルの断面を示す説明図である。

【図4】図3の磁気メモリセルを使用した磁気メモリ装置の例を示す説明図である。

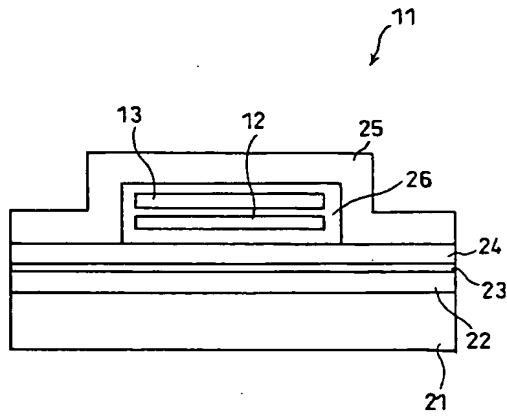
【図5】従来のMTJ素子の構成を示す説明図である。

【図6】従来の磁気メモリ装置の配置例を示す説明図である。

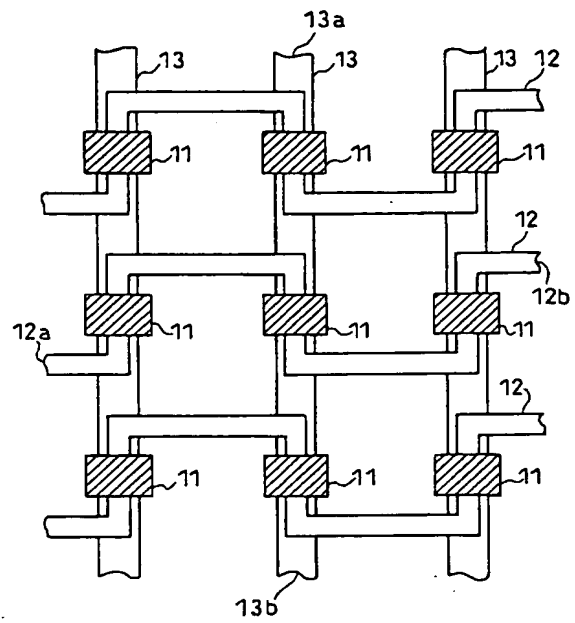
#### 【符号の説明】

- |     |              |
|-----|--------------|
| 1 1 | 磁気メモリセル      |
| 1 2 | ビット線         |
| 1 3 | ワード線         |
| 2 1 | 反強磁性層        |
| 2 2 | 強磁性層（第1強磁性層） |
| 2 3 | 絶縁層          |
| 2 4 | 強磁性層（第2強磁性層） |
| 2 5 | 閉磁路層         |
| 2 6 | 絶縁層          |
| 3 1 | 磁気メモリセル      |
| 3 2 | ビット線         |
| 3 3 | ワード線         |
| 4 1 | 反強磁性層        |
| 4 2 | 強磁性層（第1強磁性層） |
| 4 3 | 絶縁層          |
| 4 4 | 強磁性層（第2強磁性層） |
| 4 5 | 閉磁路層         |
| 4 6 | 絶縁層          |
| 4 7 | 金属層          |

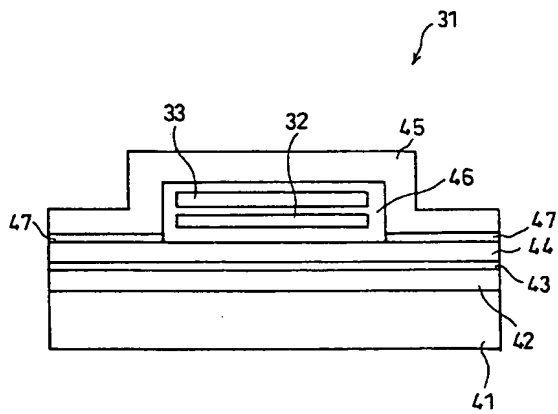
【図1】



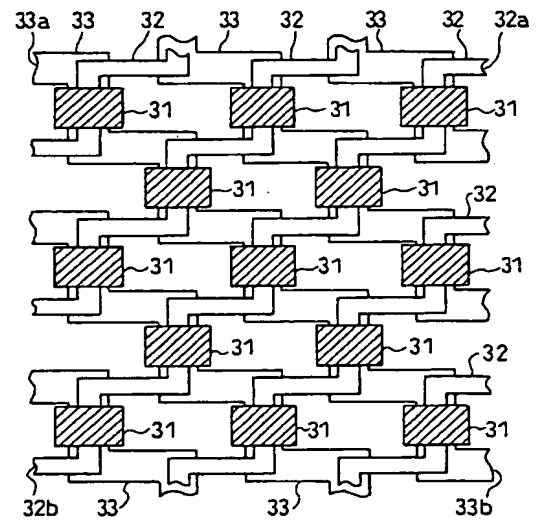
【図2】



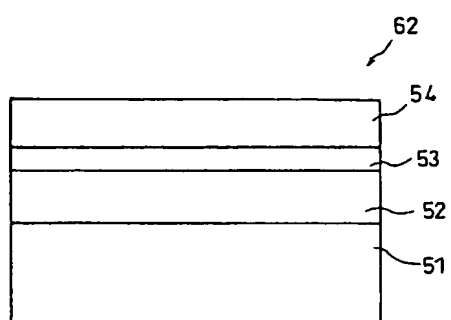
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

